

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

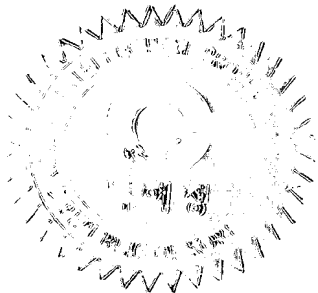
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0016276
Application Number

출원년월일 : 2003년 03월 15일
Date of Application MAR 15, 2003

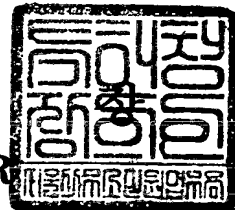
출원인 : 한국전자통신연구원
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003 06 24
 년 월 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.03.15
【발명의 명칭】	광수신소자
【발명의 영문명칭】	Photodetector
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최중선
【성명의 영문표기】	CH0E, Joong Seon
【주민등록번호】	711013-1019713
【우편번호】	143-867
【주소】	서울특별시 광진구 자양1동 632-2, 22/1
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	권용환
【성명의 영문표기】	KWON, Yong Hwan
【주민등록번호】	700325-1691422
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 209-608
【국적】	KR
【우선권주장】	
【출원국명】	KR
【출원종류】	특허

【출원번호】	10-2002-0083757		
【출원일자】	2002. 12. 24		
【증명서류】	미첨부		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 신영무 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	14	면	29,000 원
【가산출원료】	0	면	0 원
【우선권주장료】	1	건	26,000 원
【심사청구료】	4	항	237,000 원
【합계】	292,000 원		
【감면사유】	정부출연연구기관		
【감면후 수수료】	159,000 원		
【기술이전】			
【기술양도】	희망		
【실시권 허여】	희망		
【기술지도】	희망		
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통		

【요약서】**【요약】**

본 발명은 n형의 도핑영역을 포함하는 하부 클래딩층, 흡수층, p형의 도핑영역을 포함하는 상부 클래딩층 및 상기 클래딩층에 각각 접속된 오믹전극을 포함하는 광수신소자에 있어서, p형의 도핑영역은 상기 흡수층 내로 소정 길이 만큼 연장되어 형성된 광수신소자를 제공한다.

본 발명에 의하면, 정공이 지나는 진성 영역에서 만나게 되는 이종 접합 장벽의 영향을 줄임으로써 동작 전압을 낮추고 대역폭을 개선할 수 있게 한다.

【대표도】

도 4

【색인어】

광수신소자, 진성 영역, 대역폭, 이종 접합 장벽, 도핑 영역, 광도파로

【명세서】**【발명의 명칭】**

광수신소자 {Photodetector}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광도파로형 PIN 구조 광수신소자의 개략적인 구성도이다.

도 2는 양자우물 흡수층을 갖는 PIN 구조 광수신소자에서, 도핑을 고려하지 않은 경우의 밴드 다이어그램이다.

도 3은 양자우물 흡수층을 갖는 PIN 구조 광수신소자에서, 종래 기술에 의한 도핑을 고려하였을 때의 밴드 다이어그램이다.

도 4는 양자우물 흡수층을 갖는 PIN 구조 광수신소자에서, 본 발명의 일실시예에 따른 도핑을 고려하였을 때의 밴드 다이어그램이다.

도 5a 및 도 5b는 각각 본 실시예에 의한 광수신소자와 종래 기술에 의한 광수신소자의 구동전압을 측정한 그래프들이다.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<6> 본 발명은 광수신 소자에 관한 것으로, 특히 초속 광통신 시스템에서 큰 대역폭을 가지는 고효율의 광수신소자에 관한 것이다.

- <7> 정보통신 환경의 발달로 광섬유를 통해 전송되는 정보의 양이 급격히 증가하여 그 정보를 수신하기 위한 수신기는 큰 대역폭이 요구되고, 큰 출력을 위해서는 광 흡수층으로 양자 우물을 사용하여 빛의 흡수 길이를 증가시키는 구조가 사용되고 있다.
- <8> 양자 우물을 사용할 경우 광가둠을 위해서 양쪽에 클래딩층을 형성해야 하며, 클래딩층은 굴절률이 작은 물질이어야 한다. 따라서 큰 밴드갭의 물질이 사용된다. $1.55\mu\text{m}$ 의 파장에서 작동되는 소자를 제작하기 위해서는 일반적으로 InP 기판 위에 InGaAsP 물질계를 사용한다.
- <9> 그러나, 이 경우 결정 성장의 어려움으로 인해 불연속적인 에너지 밴드 정렬 구조를 가지게 되고 결과적으로 광여기된 전하가 이동하면서 몇 개의 장벽을 만나게 되며 이는 소자 동작 전압을 높이고 대역폭을 낮추는 문제점이 발생시킨다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <10> 따라서, 본 발명은 상기 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 광에 의해 발생한 전류가 통과해야 하는 이중 접합 장벽이 대역폭과 동작 전압에 미치는 영향을 제거할 수 있는 구조를 갖는 광수신 소자를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <11> 상술한 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일측면은 n형의 도핑영역을 포함하는 하부 클래딩층, 흡수층, p형의 도핑영역을 포함하는 상부 클래딩층 및 상기 클래

딩층에 각각 접속된 오믹전극을 포함하는 광수신소자에 있어서, p형의 도핑영역은 흡수층 내로 소정 길이 만큼 연장되어 형성된 광수신소자를 제공한다.

<12> 본 발명이 적용가능한 광수신소자는 진성영역에 이중접합 구조를 가지는 광수신 소자이면 특별히 그 종류가 제한되지 않고 다양한 종류가 가능하며, 예를 들어 광도파로형 PIN 구조 광수신소자, 진행파형 PIN 구조 광수신소자, 아발란치 광수신소자(APD) 등이 가능하다.

<13> 바람직하게는, n형의 도핑영역과 p형의 도핑영역 사이의 거리는 0.6 내지 1.2 μm 이내로 구성될 수 있으며, 상기 이중접합 광수신소자의 흡수층은 양자우물 장벽과 양자우물층이 교대로 형성된 양자 우물형 구조로 구성하는 경우, p형의 도핑영역은 양자우물 장벽의 일영역까지 연장되어 구성할 수 있다.

<14> 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

<15> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광도파로형 PIN 구조 광수신소자의 개략적인 구성도이다.

<16> 고속 동작을 위해서 마이크로파의 손실이 적은 비전도성 InP 기판(11)을 사용할 수 있으며, 기판(11) 상에 n+ InP층(12,18)이 형성된다. 그리고, 직방향의 광가둠을 위해서 클래딩층(17), 흡수층(16), 클래딩층(15)을 차례로 성장시킨다. 측면 방향으로의 광가둠을 위해서는 리지 모양으로 식각을 하고, 노출된 n+

InP층(12)의 표면에 n+ 오믹 전극(13)을 리지 양쪽에 형성하여 그라운드 라인으로 이용하고, 상층의 p+ 클래딩층(15)에 p+ 오믹 전극(14)을 형성하여 신호배선으로 이용한다. n+ 오믹 전극(13)과 p+ 오믹 전극(14)은 코플래너 광도파로(coplanar waveguide)를 이루어 마이크로파 모드가 안정적으로 전파되도록 작용한다.

<17> N+ InP층(12,18)은 약 $10^{18}/\text{cm}^3$ 이상의 도핑농도가 되도록 구성가능하고, 클래딩층(17)도 InP층으로 형성할 수 있으며 n형의 고농도로 도핑된 영역을 갖는다. 클래딩층(15)은 약 $10^{18}/\text{cm}^3$ 정도의 농도를 갖도록 구성할 수 있다. 한편, 흡수층(16)은 양자우물 또는 벌크 타입의 구조를 갖도록 형성가능하다. 예를 들어, 양자우물 구조를 갖는 경우를 설명하면, 흡수층(16)은 약 2000Å의 하부 양자우물장벽 InGaAsP층, 약 2000Å의 양자우물 InGaAs층 및 약 2000Å의 상부 양자우물장벽 InGaAsP층으로 형성할 수 있다.

<18> 이 경우, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 p형 도핑 영역이 시작되는 지점이 상부 양자우물장벽 InGaAsP층이 되도록 구성한다. 즉, 클래딩층(15)의 고농도 도핑의 시작 지점이 양자우물장벽 InGaAsP층으로 연장되는 것을 의미한다. 예를 들어 1000Å 정도 연장될 수 있다. 반면, n형 도핑된 영역은 클래딩층(17)의 내부에서 더 연장되지 않는다. 이에 대해서는 상세히 후술한다.

<19> PIN 구조 광수신소자에서의 고속 동작 특성에 영향을 미치는 요인으로 가장 중요한 것이 소자의 정전 용량이다. 특히, 이와 같은 광도파로형 PIN 구조의 소자에서는 소자의 면적과 진성 영역의 두께가 그 크기를 결정한다. 진성 영역의 두께

는 도핑된 영역의 위치에 의해서 정해지며 이 두께가 두꺼울수록 정전 용량은 작아지며 이것이 제한하는 대역폭 한계도 커지게 된다. 따라서, 진성 영역이 지나치게 두꺼우면 전하의 이동 시간에 따른 대역폭의 한계가 줄어들게 되므로 대략 6000Å 이하로 진성 영역을 구성하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다.

<20> 그러나, 본 발명의 실시예에 따르면, 클래딩층들(15,17)의 위치와 p형 도핑이 시작되는 지점을 적절히 조절하여 역방향 전압 하에서 정공이 지나가는 장벽의 영향이 감소되게 되고 이를 통해서 6000Å 이상으로 진성 영역을 확대하는 것이 가능해진다. 즉, 본 발명의 실시예에 따르면 진성 영역을 0.6 내지 1.2 μm 의 길이로 구성할 수 있다.

<21> 이하에서는 도 2, 3 및 4를 참조하여 본 발명의 바람직한 일실시예의 동작원리에 대해서 상세히 설명한다.

<22> 양자우물 흡수층을 갖는 PIN 구조 광수신소자에서, 도 2는 도핑을 고려하지 않은 경우의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이고, 도 3은 종래 기술에 의한 도핑을 하였을 때의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이며, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도핑을 하였을 때의 밴드 다이어그램을 도시한 도면이다.

<23> 도 2를 참조하면, A는 컨덕션밴드를 표시하고 있고, B는 밸런스 밴드를 표시하고 있으며, 101과 105는 각각 n+ 및 p+ 클래딩층을 도시하고 있다. 흡수층으로 양자 우물층을 사용하는 경우, 광도파로형 광수신 소자에서는 광가둠을 위하여 클래딩층(101, 105)을 사용하게 된다. 이 경우, 굴절률이 작은 물질을 클래딩층으로 하게 되며 이 물질은 결과적으로 밴드갭이 크게 된다. 102와 104는 양자우물의 아래쪽 및 위쪽 장벽을 각각 나타내고 있다.

- <24> 도 3을 참조하여, 종래기술에 의한 방식으로 도핑한 경우 밴드 다이어그램을 설명한다. 종래 기술에 의하면, 두 클래딩층(201a, 201b, 205a 및 205b)의 일부(201b, 205b)가 진성 영역에 포함되어 있는 구조로 이루어져 있다.
- <25> 따라서, 양자 우물(203)에서 발생하여 광여기된 전자와 정공은 소자에 가해진 역전압에 의해 도핑된 영역으로 이동하면서 양자 우물의 장벽(202, 204)과 클래딩층(201b, 205b)의 접합면에 생긴 장벽에 부딪히게 된다. 따라서, 도핑된 영역으로 이동하기 위해서는 열에너지에 의해서 장벽을 뛰어넘는 방법 만이 존재한다. 이는 소자 동작 전압을 높이고 대역폭을 낮추는 문제점을 발생시키게 된다.
- <26> 한편, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도핑을 고려하였을 때의 밴드 다이어그램을 도시한 도면으로, 광수신 소자에 역전압이 인가된 경우이다. 303은 양자우물층, 301a 및 305는 각각 도핑된 하부클래딩층 및 상부클래딩층을 나타내고, 302와 304는 각각 하부 및 상부 양자우물 장벽을 나타내고 있다. 도 3과의 차이점은 p+도핑된 영역이 상부 양자우물의 장벽 내로 연장되어 상부 양자우물의 장벽이 도핑된 영역(304a)과 도핑되지 않은 영역(304b)으로 나뉘어 진다.
- <27> 이 경우, 양자 우물층(303)에서 광여기된 전자들과 광여기된 정공들이 각각 n층과 p층으로 이동하고 있으며, 광여기된 전자는 도핑되지 않은 클래딩층(301b)과 만나는 계면에서 생기는 에너지 장벽을 만나 원활히 도핑된 영역으로 유입되지 못하고 있으나, 광여기된 정공은 클래딩층(305) 계면에 도달하기 전에 도핑층(304b)에 도달하므로 이중 접합 계면에서는 얇은 에너지 장벽을 뛰어넘는 경우와 터널링에 의해서 지나가는 방법이 가능하며 따라서 정공의 이동 속도에 미치는 장벽의 영향이 현저히 줄어든다.

<28> 정전 용량의 제한 때문에 전자와 정공이 모두 클래딩층을 만나기 전에 도핑 영역에 도달하는 것은 다소 불리하므로, 유효 질량이 크고 이동 속도가 낮은 정공에만 적용하는 것으로 효과를 볼 수 있다. 즉, 전자의 경우는 유효질량이 작아서 장벽의 효과가 크지 않기 때문이다.

<29> 이와 같은 방식에 의해 정전용량은 진성영역의 두께에 반비례하는 관계를 가지므로 소자의 고속 동작 특성을 보장할 수 있는 일정 정도 이하의 정전용량을 유지할 수 있다.

<30> (비교예)

<31> 이하, 본 실시예에 의한 광수신소자와 종래 기술에 의한 광수신소자를 비교실험한 결과를 설명한다.

<32> 먼저, PIN 광수신소자는 비전도성 InP 기판 상에 InP 클래딩층, 흡수층으로는 약 2000 Å의 하부 양자우물장벽 InGaAsP층, 약 2000 Å의 양자우물 InGaAs층 및 약 2000 Å의 상부 양자우물장벽 InGaAsP층을 포함하여 구성하고, 약 $10^{18}/\text{cm}^3$ 정도의 p+ 클래딩층이 그 위에 형성되어 있다.

<33> 다만, 종래기술에 의한 광수신소자는 $10^{18}/\text{cm}^3$ 이상의 n+ 영역과 $10^{18}/\text{cm}^3$ 이상의 p+ 영역이 각각 n 클래딩층과 p 클래딩층의 내부에 위치하는 반면, 본 실시예에 의한 경우는 p+ 영역이 흡수층내로 소정 길이(예컨대 1000 Å) 만큼 연장되어 형성되어 있다. 이와 같은 차이는 도 3과 도 4의 비교를 통하여 쉽게 이해될 수 있다.

<34> 도 5a 및 도 5b는 각각 본 실시예에 의한 광수신소자와 종래 기술에 의한 광수신소자의 주파수에 따른 구동전압을 측정한 그래프들이다.

<35> 본 실시예에 따르면, 역전압이 -2V 정도에서 0/E 반응(광/전기반응)이 포화되는 특성을 보여주는 반면, 종래기술에 의한 경우는 역방향이 -4V 이상에서 0/E 반응(광/전기반응)이 포화되는 특성을 보여주고 있다. 즉, 이와 같은 현상은 본 실시예에 따라서 소자 동작 전압이 낮아진 효과가 있음을 잘 나타내고 있다.

<36> 이상에서 본 발명에 대한 기술 사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 가장 양호한 일 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 이 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자이면 누구나 본 발명의 기술 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

【발명의 효과】

<37> 상술한 바와 같이, 본 발명의 광검출기는 종래의 대칭적인 공핍층 구조와 도핑 영역의 구도에 비하여, 비대칭적인 구도를 도입함으로써 에너지 장벽이 일으키는 영향을 줄일 수 있는 효과가 있다.

<38> 또한, 본 발명은 양자 우물을 광흡수층으로 채택하는 경우 고출력의 광여기전류를 얻을 수 있음은 물론이고, 비대칭적인 공핍층-도핑층 구도를 채용하여 작은 정전 용량을 가지며 에너지 장벽에 의한 대역폭 감소 효과와 동작 전압 증가 효과를 없앴으로써 고출력 고속 동작이 가능한 광검출기에 응용이 가능한 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

n형의 도핑영역을 포함하는 하부 클래딩층, 흡수층, p형의 도핑영역을 포함하는 상부 클래딩층 및 상기 클래딩층들에 각각 접속된 오믹전극을 포함하고, 진성영역에 이중 접합 구조를 갖는 광수신소자에 있어서,

상기 p형의 도핑영역은 상기 흡수층 내로 소정 길이 만큼 연장되어 형성된 것을 특징으로 하는 광수신소자.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 n형의 도핑영역과 상기 p형의 도핑영역 사이의 거리는 0.6 내지 1.2 μm 로 구성된 것을 특징으로 하는 광수신소자.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 흡수층은 양자우물 장벽과 양자우물층이 교대로 형성된 양자 우물형 구조이고, 상기 p형의 도핑영역은 상기 양자우물 장벽의 일영역까지 연장되어 이루어진 것을 특징으로 하는 광수신소자.

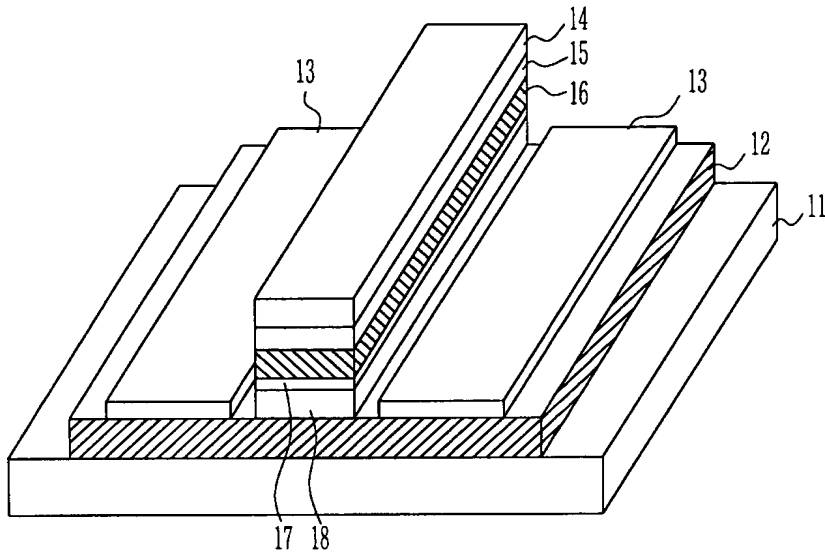
【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

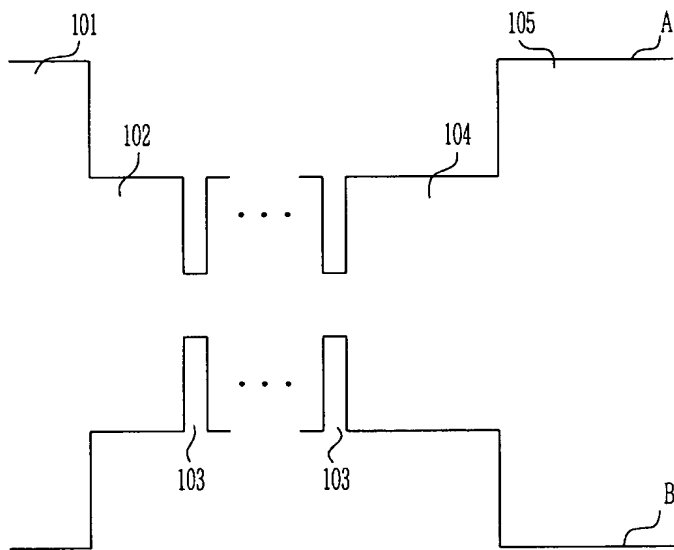
상기 광수신소자는 광도파로형 PIN 구조 광수신소자, 진행파형 PIN 구조 수신소자 또는 아발란치 광수신소자인 것을 특징으로 하는 광수신소자.

【도면】

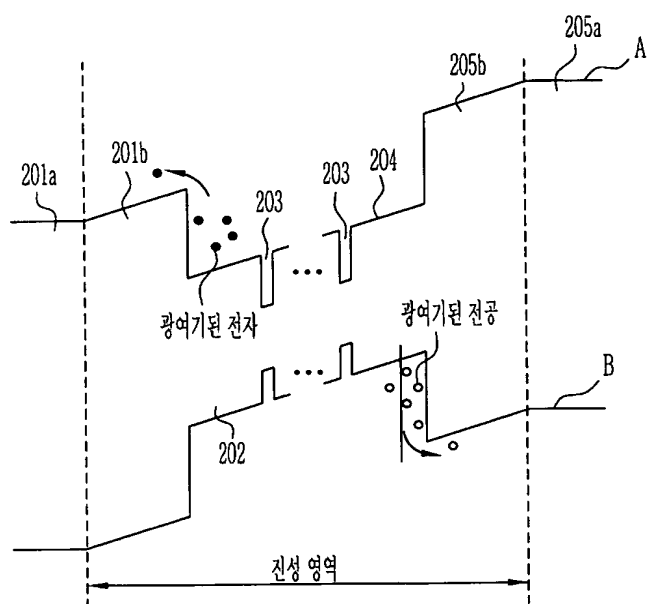
【도 1】



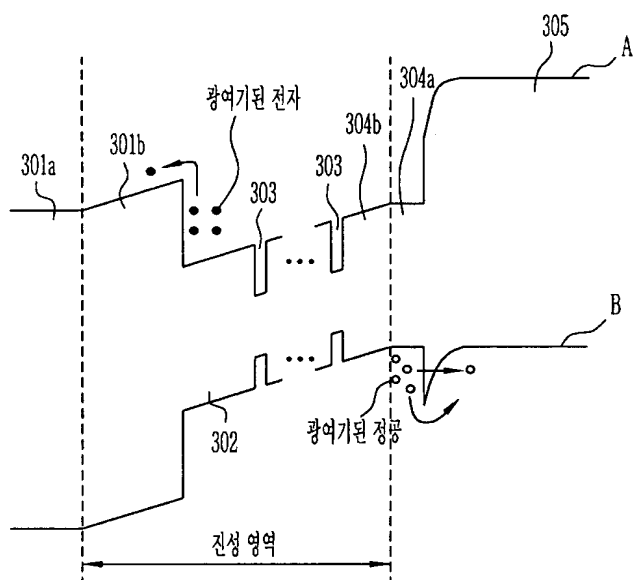
【도 2】



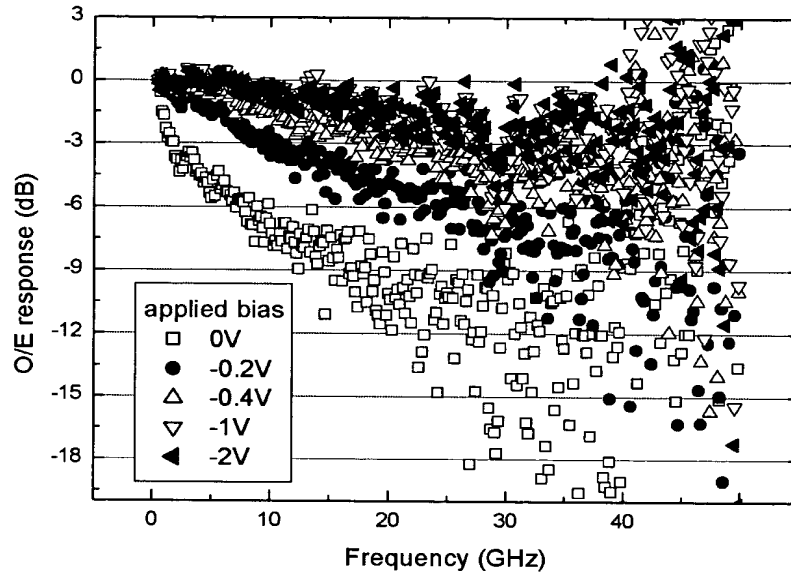
【도 3】



【도 4】



【도 5a】



【도 5b】

